



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-336156

出 願 人

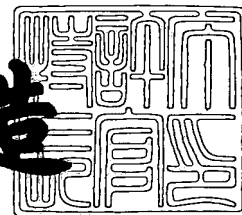
Applicant(s):

株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070862

【書類名】 特許願

【整理番号】 001521

【提出日】 平成12年11月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

特2000-336156

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置および該電子線装置装置を用いたデバイス製造方法
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電子線源から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子線を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に投影する電子線装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置より電子線源側にずらした位置に単一の開口板を設け、この開口板を設ける光軸方向位置を、試料面に入射する各開口からのビーム強度の差が最小となるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 電子銃から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子線を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に投影する電子線装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置から電子銃側へずらした位置に単一の開口板を設け、該ずらせる量はパターンの無い試料を試料面に置いたときに得られる二次電子の検出量が前記複数の開口間での差が最小となるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 の電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェハーの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子銃から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に写像投影する電子線装置、および該電子線装置を用いて製造プロセス途中のウェハーの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイス製造用のマスクパターン、あるいは半導体ウェーハに形成されたパターンの欠陥検査に使用する電子線装置として、単一電子銃より放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子を二次光学系を用いて検出器面に写像投影して試料上のパターンの欠陥を検査する電子線装置は公知である。

【 0 0 0 3 】

しかしながら、上記従来のものは電子銃から放出される電子線の角度依存性を考慮しておらず、電子線の強度を照射角度に拘わらず一様であるものとして取り扱っている。すなわち、電子銃から放出される電子線は光軸方向には高輝度の電子線が放出されるが、光軸から離れるに従って電子線の輝度（強度）が次第に減少する問題を考慮していない。

【 0 0 0 4 】

また、試料から放出される二次電子の検出率は、光軸付近から放出された二次電子の検出率が高いが、光軸から離れた位置から放出された二次電子の検出率が低いといった問題点があったが、上記従来電子線装置は、かかる問題点をも考慮していなかった。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、マルチビームを試料に照射し、該試料からの二次電子をマルチ検出器で検出する電子線装置において、一次電子の光軸上のビームと、光軸外のビームの強度が異なる問題点を解決し、一次電子の各ビームがほぼ等しいビーム強度となるようにした電子線装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

また、本発明は、マルチビームを試料に照射し、該試料からの二次電子をマルチ検出器で検出する電子線装置において、試料上の光軸付近から放出された二次電子の検出効率が光軸から離れた位置からの二次電子の検出効率よりも高いという問題点を解決し、試料からの二次電子の検出効率をほぼ均一化できる電子線装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

さらに、本発明は、上記装置を用いて製造プロセス途中のデバイスの評価を行う方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記問題を解決するため、請求項 1 の発明では、電子線源から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に投影する電子線装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置より電子線源側にずらした位置に単一の開口板を設け、この開口板を設ける光軸方向位置を、試料面に入射する各開口からのビーム強度の差が最小となるようにしたことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

このように、試料面に入射するマルチビーム各ビーム間でのビーム強度の差を最小限とすることにより、光軸付近のビームと光軸より離れた位置のビーム間のビーム強度の差を縮小して試料面に均一に入射させることができるので検査、測定精度を向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

また、試料面に入射するビーム間の強度の差を縮小することにより、ビーム数を増大させ、マルチビームを広範囲に照射することができるので、検査、測定効率を向上させることができる。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 2 の発明では、電子線源から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に投影する電子線装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置から電子線源側へずらした位置に単一の開口板を設け、該ずらせる量はパターンの無い試料を試料面に置いたときに得られる二次電子の検出量が前記複数の開口間での差が最小となるようにしたことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

このように、二次光学系の検出器において二次電子の検出量を開口間で最小限とすることにより、二次光学系における二次電子の検出率のばらつきをも抑制できるので、請求項 1 発明により得られる特徴に加えて、さらにより高精度の検査、測定を行うことができる。

【 0 0 1 3 】

さらに、請求項 3 の発明では、請求項 1 または 2 の電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェハーの評価を行うことを特徴とする。

本発明の電子線装置を製造プロセス途中のウェーハ評価に用いることにより、より高精度、高効率のウェーハ評価を行うことができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は本発明の一実施形態による電子線装置の概略構成例を示す図である。

【 0 0 1 5 】

図において、1 は検査用の電子線を放出する電子銃、3 はコンデンサレンズ、5 はコンデンサレンズからの電子ビームより複数の電子ビームを形成するマルチ開口板、7 はコンデンサレンズが作る電子線源の拡大像位置に設けられた N A 用開口板、9、11 はマルチ開口板で形成された複数の電子ビームを一定の縮小率で縮小した後検査対象である試料 13 面に結像させる電磁レンズ、15 はレンズを通過した二次電子を一次電子より分離させる E X B 分離器である。該 E X B 分離器は、試料面の法線（紙面の上方向）に垂直な平面内で電界と磁界とを直交させた構造となっており、電界、磁界、一次電子エネルギーの関係が一次電子を直進させるように設定されている。17 はマルチ開口板 5 で形成された複数の電子ビームを同時に偏向させ試料 13 上の検査領域を走査する偏向器、19 は二次光学系の拡大レンズ、21 は一次光学系の偏向器 17 と同期作動され試料の走査に拘わらずマルチ開口板 5 の開口 5 a, 5 b, 5 c, 5 d からの各ビームの入射点からの二次電子を対応する検出器に入射させるための偏向器、23 は一次光学系のマルチ開口板に対応した開口 23 a, 23 b, 23 c, 23 d を有する二次光学系のマルチ開口板、25 は該マルチ開口板の背後に配置された検出器群で入射

した電子量に応じた検出信号を発生する電子増倍管などで構成されている。

【0016】

図示の電子線装置において、電子銃1から放出された電子線はコンデンサレンズ3で収束され、マルチビームを形成する開口板5のマルチ開口5a-5dを照射する。各開口5a, 5b, 5c, 5dを通過した電子線は一次光学系の開口数を決めるNA開口板7の開口位置にクロスオーバーを結ぶ。クロスオーバーを通過した電子線はコンデンサレンズ9で対物レンズ11の主面にクロスオーバー像を形成する。ここでNAとは、開口数 (Numerical Aperture) の略である。

【0017】

マルチ開口板5の各開口の開口像はコンデンサレンズ9でEXB分離器15の主面に結像してから対物レンズ11により試料13表面に結像される。

一方、試料から放出された二次電子は、EXB分離器15で一次電子から分離されて二次光学系の方向に偏向され、二次光学系の拡大レンズ19で拡大されマルチ開口板23の開口を経て該マルチ開口板の裏面側に配置された検出器群25により検出される。

【0018】

ここで、電子銃1から放出される電子線の電流密度は、マルチ開口板5の中心開口5dへの値が最大で、5c, 5b, 5aと光軸から離れるに従って減少し、このため試料13面上でのビーム電流が異なる。

【0019】

これを解決するため、一つの実施例では、マルチ開口板5の開口5a-5dの大きさを、光軸付近で小さく、光軸より離れるに従って漸次大きくなるように微調整し、試料13面上で各開口を通ったビーム電流が全てのビームについてほぼ等しくなるようにする。このため、試料13面上に各ビーム電流を検出する検出器群を置き各ビームの電流を検出する。

【0020】

また、上記問題を解決する他の方法としては、上記一次光学系の開口度を決めるNA開口板7の光軸方向位置を、一次光学系のレンズが作る電子線源の拡大像

のガウス像面（近軸光線の焦点位置）から電子銃 1 側にずらした位置に設ける。すなわち、コンデンサレンズ 3 が作るクロスオーバー位置は、レンズの球面収差によってマルチ開口板 5 の各開口を通ったビームのクロスオーバー位置（光軸方向位置）がビームごとに異なる。例えば、開口 5 a からのビームが作るクロスオーバー位置は 8 a の位置であり、開口 5 c からのビームが作るクロスオーバー位置は 8 c である。すなわち、一次光学系のレンズが作る電子線源のガウス像面は最も N A 開口板 7 より遠方にある。したがって、N A 開口板 7 をガウス像面位置より電子銃 1 側にずらし、マルチ開口板 5 の最外側開口 5 a が作るクロスオーバー位置に置くことにより、該開口位置では、開口 7 を通るビームの電流密度が大きく、かつビームの通過が制限されず、一方光軸付近の開口 5 c を通ったビームの電流密度は低く、かつビームの通過量が制限されることにより、試料 1 3 面における輝度すなわちビーム電流のばらつきを縮小することがができる。なお、この場合も、先の実施例と同様に、各ビーム電流を検出する検出器群を試料面位置に配置することより各開口を通ったビームの電流を検出する。

【 0 0 2 1 】

さらに、上記問題は、マルチ開口板 5 の開口寸法の上記調整と、N A 開口板 7 の光軸方向位置の上記調整とを組み合わせることによっても解決することができる。

【 0 0 2 2 】

上記実施例は、いれも試料 1 3 面に入射するビーム電流を均一にすることを目的としたが、実際には二次光学系の二次電子の検出率が光軸付近と光軸から離れた位置とで異なる問題がある。

【 0 0 2 3 】

そこで、本発明のさらに他の実施例では、パターンの無い試料を試料位置に置き、該パターンの無い試料面からの二次電子を検出器群 2 5 にて検出し、各検出器の出力の差が最小となるように N A 用開口板 7 の光軸方向位置を決定することにより、二次光学系の二次電子の検出率のばらつきを修正することができる。

【 0 0 2 4 】

また、二次光学系の二次電子の検出率のばらつきは、上記と同様にパターンの

無い試料を試料位置に置き、該パターンの無い試料面からの二次電子を検出器群 25 にて検出し、各検出器の出力の差が最小となるように、一次光学系のマルチ開口板 5 の開口寸法を光軸付近で小さく、光軸より離れるにつれて漸次大きくなるように微調整することによっても修正することができる。

【0025】

さらに、二次光学系の二次電子の検出率のばらつきは、上記と同様にパターンの無い試料を試料位置に置き、該パターンの無い試料面からの二次電子を検出器群 25 にて検出し、各検出器の出力の差が最小となるように、二次光学系のマルチ開口板 23 の開口寸法を光軸付近で小さく、かつ光軸より離れるにつれて漸次大きくなるように微調整することによっても修正することができる。

【0026】

さらに、この問題は、マルチ開口板 5 の開口寸法の上記調整、NA 開口板 7 の光軸方向調整、二次光学系のマルチ開口板 23 の開口寸法の上記調整を組み合わせることによっても解決することができる。ここで図示しない制御、計算方法によって各検出器 25 の出力差を最小とする調整方法を用いるものである。

【0027】

なお、図 1 の実施例において、各ビーム間の評価は偏向器 17 によって全ビームを同時に偏向させ、試料 13 上で全ビームを走査させ、その時の信号を検出器で検出するようにした。また、ビームを走査したときも各ビームの入射点からの二次電子が対応するマルチ開口板 23 の穴に確実に入射するよう偏向器 11 の走査に同期して偏向器 21 により二次電子を走査した。

【0028】

図 2 は、デバイス製造工程を示すフローチャートであり、図 3 は図 2 のウェーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【0029】

図を参照してデバイス製造工程を説明する。

(1) ウェーハを製造するウェーハ製造工程（又はウェーハを準備するウェーハ準備工程）（ステップ 10）

(2) 露光に使用するマスクを制作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）（ステップ11）

(3) ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセス工程。（ステップ12）

(4) ウェーハ上に形成されたチップを一個ずつ切り出し、動作可能にするチップ組立て工程。（ステップ13）

(5) 完成したチップを検査する検査工程。（ステップ14）

なお、これらの主工程はさらにいくつかのサブ工程からなっている。

【0030】

これら主工程の中で、デバイスの性能に影響を及ぼす主工程は、ウェーハプロセス工程である。このウェーハプロセス工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、チップを多数形成する。

【0031】

このウェーハプロセス工程は、以下のサブ工程を含んでいる。

(I) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）。

(II) この薄膜層やウェーハ基板を酸化する酸化工程。

(III) 薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レクチル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程。

(IV) レジストのパターンに従って薄膜層やウェーハ基板加工するエッチング工程（例えばドライエッチング等）

(V) イオン・不純物注入拡散工程。

(VI) レジスト剥離工程。

(VII) 加工されたウェーハを検査する検査工程。

なお、ウェーハプロセス工程は、多層ウェーハの場合には層数だけ繰り返し行い、デバイスを製造する。

【0032】

図3を参照して、リソグラフィー工程を説明する。

リソグラフィー工程は、以下の各工程を含んでいる。

(1) 回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程。(ステップ20)

(2) レジストを露光する露光工程。(ステップ21)

(3) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程。(ステップ22)

(4) 現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程。(ステップ23)

以上のデバイス製造工程、ウェーハプロセッシング工程、リソグラフィ工程については、周知であるのでこれ以上の説明を省略する。

【0033】

上記(VII)加工されたウェーハを検査する検査工程に、本発明の電子線装置を用いることによって、より高精度、高スループットの検査、測定を行うことができる。

【0034】

なお、本発明による電子線装置は、フォトマスクやレクチル、ウェーハ等(試料)の欠陥検査や、線幅測定、合わせ精度測定、電位コントラスト測定等の各種検査や測定に適用できる。

【0035】

【発明の効果】

本発明の電子線装置によれば、マルチビームの各ビームの電流を均一化できるのでより精度の高い高スループットの検査、測定が可能となる。

【0036】

熱電界放出電子銃のような狭い方向へのみ電子放出する電子銃をも使用することができる。

各ビームの電流を均一化できるので、マルチビームのビーム数を増大することができ、マルチビームをより広い範囲に照射することができる。従って、高スループットの検査、測定ができる。

【0037】

ビーム間の信号強度をほぼ等しくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明の実施の形態による電子線装置の概略構成図である。

【図 2】

デバイス製造工程を示すフローチャートである。

【図 3】

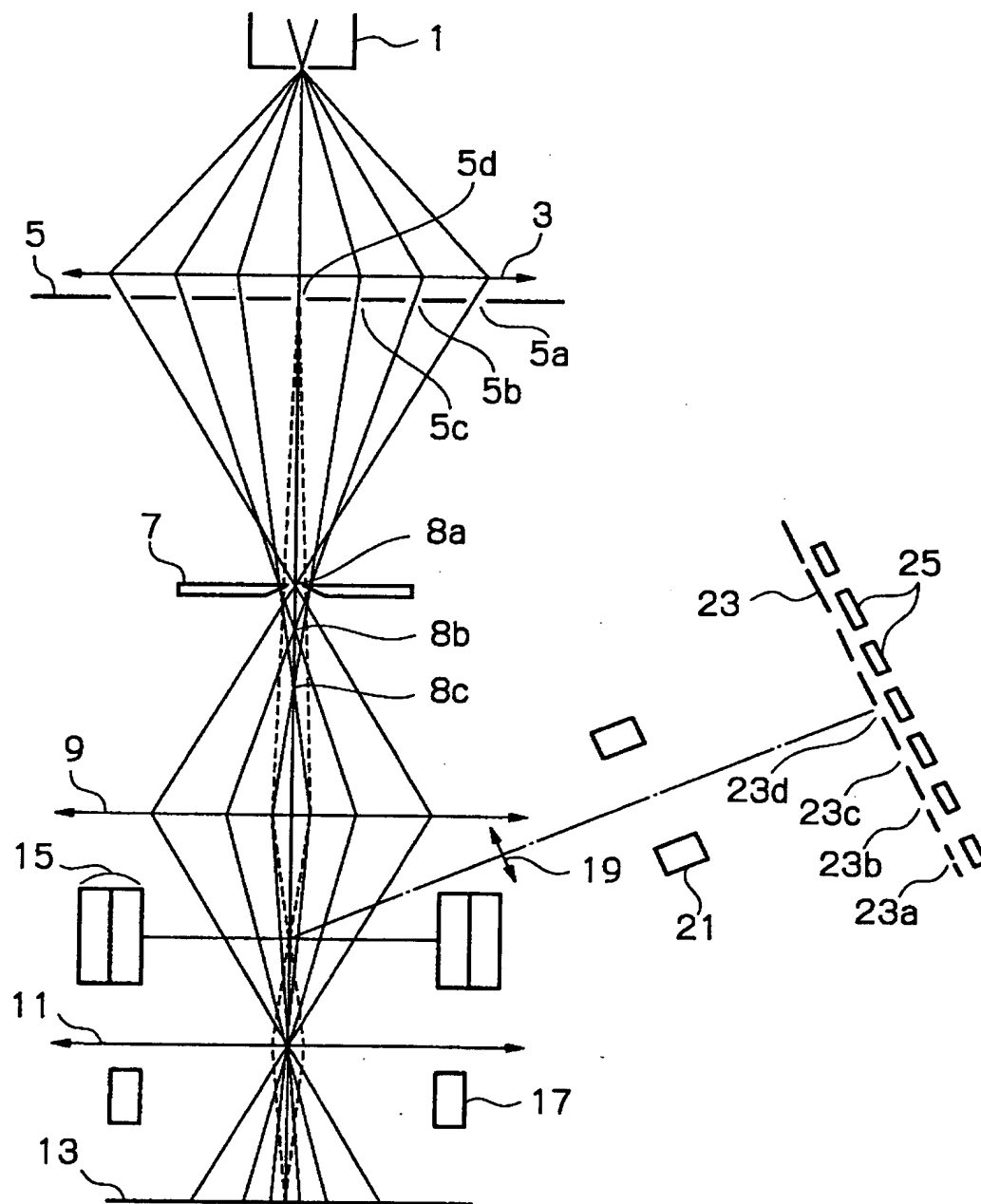
リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【符号の説明】

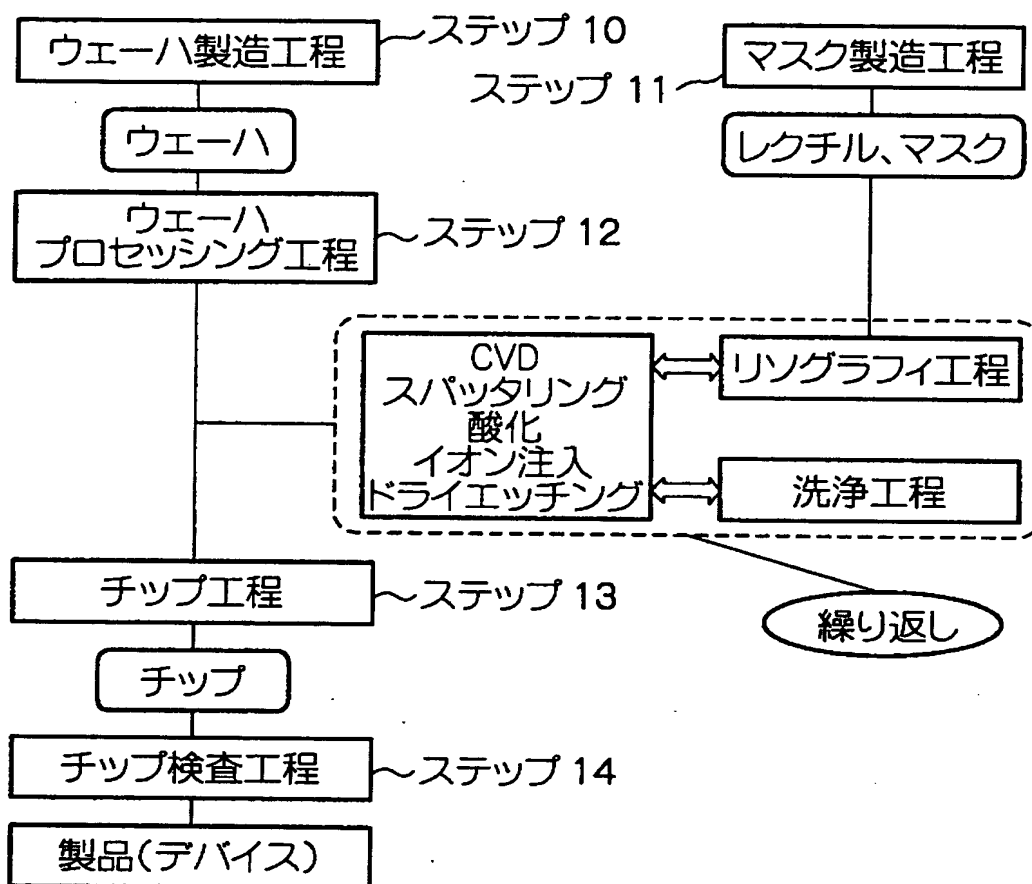
- 1 電子銃
- 3 コンデンサレンズ
- 5 マルチ開口板
- 7 N A 開口板
- 9 コンデンサレンズ
- 1 1 対物レンズ
- 1 3 試料
- 1 5 E X B 分離器
- 1 7 偏向器
- 1 9 拡大レンズ
- 2 1 偏向器
- 2 3 マルチ開口板
- 2 5 検出器

【書類名】 図面

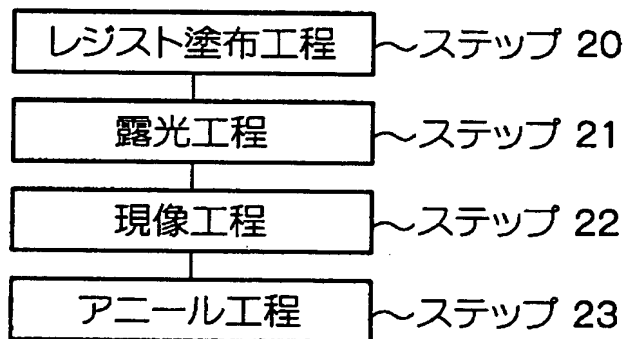
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料面に入射する一次電子の光軸上のビームと光軸から離れたビームの強度の均一化、および試料面からの二次電子の検出効率の均一化を図る。

【解決手段】 電子線源から放出された電子線を複数の開口を有する開口板に照射して得られる複数の開口像を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子線を一次光学系から分離して二次光学系に入射させ、二次光学系で拡大して検出器面に投影する電子線装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置より電子線源側にずらした位置に単一の開口板を設け、この開口板を設ける光軸方向位置を、試料面に入射する各開口からのビーム強度の差が最小となるようにした。また、該装置において、一次光学系のレンズが作る電子線源の像の位置から電子銃側へずらした位置に単一の開口板を設け、該ずらせる量はパターンの無い試料を試料面に置いたときに得られる二次電子の検出量が前記複数の開口間での差が最小となるようにした。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名	株式会社荏原製作所